

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1. Tinjauan Pustaka

Heru Setiyanto (2007), meneliti tentang pengaruh modifikasi katup buluh dan variasi bahan bakar terhadap unjuk kerja mesin pada motor bensin dua langkah 110 cc, dimana modifikasi katup buluh tersebut dilakukan dengan melepas *stopper* pada *membrane* dan digantikan dengan katup buluh yang dilapis dua, kemudian pelapis atasnya dipotong setengah dari aslinya. Penelitiannya menghasilkan daya dan torsi meningkat 14% dari pemakaian katup buluh standart dan konsumsi bahan bakar yang lebih irit. Penelitian tersebut dilakukan pada putaran mesin 1000 rpm, 2000 rpm, 3000 rpm, 4000 rpm, dan 5000 rpm.

Yudhi Prabowo (2006), Penelitian Pengaruh Pemotongan Kepala Silinder terhadap Unjuk Kerja dan Konsumsi Bahan Bakar pada Mesin Sepeda Motor Honda Astrea. Dan menyatakan bahwa jumlah perbandingan kompresi akan sangat berpengaruh terhadap unjuk kerja mesin. Hasil penelitiannya menunjukkan pada pemotongan kepala silinder 0.8 mm, menghasilkan daya yang lebih baik serta konsumsi bahan bakar lebih irit dibandingkan dengan pemotongan kepala silinder 0.5 mm atau dalam kondisi standart tidak mengalami pemotongan baik pada putaran mesin 4000 rpm, 6000 rpm, dan 8000 rpm.

Budi Destiawan (2006), Pengaruh Perubahan Volume Ruang Pembakaran dan Variasi Putaran Mesin Terhadap Daya Mesin Pada Sepeda Motor Yamaha FIZR. Setelah dilakukan penelitian ini ditunjukkan bahwa perubahan volume ruang pembakaran dan variasi putaran mesin berpengaruh terhadap daya mesin pada sepeda motor Yamaha F1Z R Tahun 2001. Daya mesin yang paling rendah adalah pada perubahan volume ruang pembakaran dengan penambahan dudukan kepala silinder sebesar 0,1 mm pada putaran

1400 rpm. Daya mesin yang paling tinggi adalah sebesar 3,74 PS pada perubahan volume ruang pembakaran dengan pemotongan kedudukan kepala silinder sebesar 0,2 mm pada putaran 4000 rpm.

2.2. Pengertian Motor Bakar

Salah satu penggerak mula yang banyak dipakai adalah mesin kalor, yaitu mesin yang menggunakan energi *thermal* untuk melakukan kerja mekanik atau yang mengubah energi *thermal* menjadi energi mekanik. Energi tersebut dapat diperoleh dengan proses pembakaran. Ditinjau dari proses pembakarannya, motor bakar dapat dibagi menjadi dua golongan yaitu:

1. *Compression Ignition Engine*

Compression Ignition Engine atau biasa disebut motor bakar diesel. Pada motor diesel mesin dinyalakan dengan menyemprotkan bahan bakar kedalam ruang bakar yang berisi udara bertekanan tinggi dan bertemperatur tinggi sehingga terjadi pembakaran. Udara bertekanan dan bertemperatur tinggi tersebut dihasilkan dari kompresi udara pada langkah isap, karena itu pada motor bakar diesel digunakan perbandingan kompresi yang tinggi, berkisar antara 12 sampai 25.

2. *Spark Ignition Engine*

Spark Ignition Engine atau motor bakar bensin, mesin ini dinyalakan dengan percikan bunga api dari busi. Campuran bahan bakar dari karburator yang masuk kedalam ruang bakar terbakar oleh percikan bunga api dari busi sehingga terjadi kenaikan energi kalor dalam ruang bakar dan diubah menjadi energi mekanik untuk menggerakkan poros engkol.

Berdasarkan jumlah langkah tiap siklusnya motor bakar dapat digolongkan menjadi dua jenis yaitu:

2.2.1. Motor Bakar 4 Langkah

Proses kerja motor empat langkah diperoleh dalam empat langkah berturut-turut dalam dua putaran poros engkol. Untuk lebih jelasnya langkah tersebut adalah sebagai berikut :

1. Langkah hisap

Piston bergerak dari TMA (Titik Mati Atas) ke TMB (Titik Mati Bawah), sekaligus menghisap campuran udara dan bahan bakar melalui lubang pemasukan. Pada saat ini katup masuk terbuka dan katup buang dalam keadaan tertutup.

2. Langkah kompresi

Pada langkah ini piston bergerak dari TMB (Titik Mati Bawah) ke TMA (Titik Mati Atas). menekan campuran bahan bakar dan udara yang menyebabkan peningkatan suhu dan tekanannya. Pada saat ini kedua katup dalam keadaan tertutup.

3. Langkah kerja

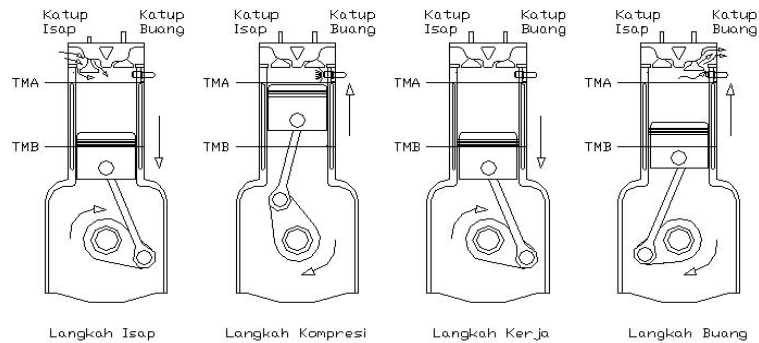
Pada langkah akhir kompresi busi memercikkan bunga api sehingga campuran bahan bakar dan udara terbakar. Gas hasil pembakaran menghasilkan tekanan untuk mendorong torak ke bawah dari TMA ke TMB, selama langkah ini kedua katup masih dalam keadaan tertutup.

4. Langkah buang

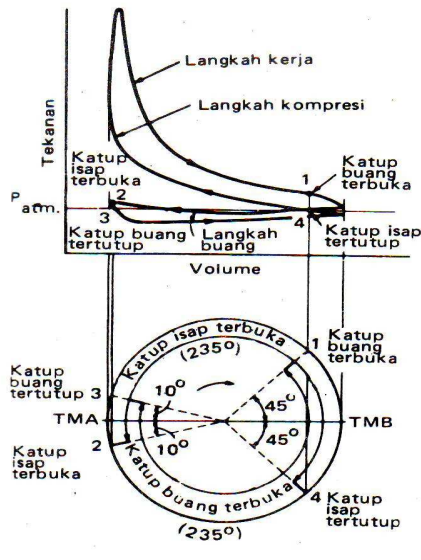
Gerakan torak bergerak dari TMB ke TMA untuk mendorong gas sisa ekspansi pembakaran dalam silinder. Selama langkah buang ini, katup buang saja yang terbuka. Bila torak

mencapai TMA maka motor telah melakukan satu siklus kerja dan poros engkol berputar dua putaran.

Proses kerja motor bensin empat langkah dapat dilihat pada diagram katup dan gambar di bawah ini :



Gambar 2.1. Siklus kerja motor bakar empat langkah



Gambar 2.2 Diagram katup motor bakar empat langkah

2.2.2. Motor Bakar 2 Langkah

Pada prinsipnya motor bakar 2 langkah adalah motor bakar yang pada setiap proses kerjanya dihasilkan dari satu kali putaran poros engkol.

Langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

1. Langkah hisap

Campuran bahan bakar dan udara dihisap masuk ke dalam rumah engkol akibat tekanan vakum yang terjadi pada saat piston bergerak ke atas. Pada saat piston bergerak ke bawah, katup poppet tertutup akibat tekanan pada rumah engkol. Campuran bahan bakar dan udara kemudian tertekan masuk ke silinder pada sisa langkah ke bawah.

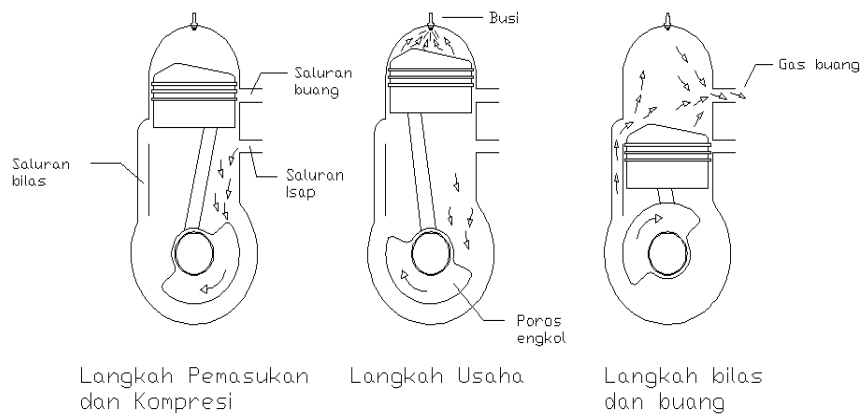
2. Langkah kompresi

Pembilasan dan pengisian silinder berakhir di waktu piston pada langkah naik, menutup lubang pembilasan. Setelah lubang pembuangan tertutup kompresi juga mulai berlangsung. Saat langkah piston hampir TMA (Titik Mati Atas) pembakaran terjadi, gas dalam ruang silinder di kompresikan.

3. Langkah kerja

Pada saat piston di posisi TMA (Titik Mati Atas) pembakaran telah berlangsung, tekanan yang terjadi mendorong piston ke TMB (Titik Mati Bawah). Pada saat piston mencapai TMB (Titik Mati Bawah) pembuangan terjadi langkah kerja berakhir. Sebagian besar gas bekas menghilang melalui lubang pembuangan.

Selain dari penjelasan diatas proses kerja motor bensin dua langkah dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 2.3. Siklus kerja motor bakar 2 langkah

2.3. Komponen Motor Bakar

Komponen motor bakar dapat dibedakan menjadi dua yaitu komponen bergerak (mekanis) dan komponen tidak bergerak (statis). Komponen tersebut diterangkan sebagai berikut :

2.3.1. Komponen Bergerak (mekanis)

Komponen bergerak (mekanis) adalah komponen mesin yang bergerak jika mesin hidup baik itu gerak lurus maupun gerak putar. Komponen tersebut antara lain :

1. Piston

Piston berfungsi meneruskan gaya gas pembakaran kepada poros engkol dan bersama-sama cincin piston menyekat ruang bakar supaya gas pembakaran tidak masuk ke dalam poros engkol. Piston terdapat didalam silinder dan bergerak translasi diantara batas Titik Mati Atas (TMA) sampai batas Titik Mati Bawah (TMB). Jarak antara TMA-TMB dinamakan dengan panjang langkah piston, sedangkan volume silinder antara piston pada TMA dan piston pada TMB dinamai dengan volume langkah piston.

2. Ring piston

Untuk meningkatkan fungsi kerja dari piston pada ruang bakar perlu dilengkapi dengan ring piston sehingga kerapatan dari ruang bakar dapat ditingkatkan. Fungsi dari ring piston diantaranya:

- a. Sebagai penyekat agar oli tidak masuk ke ruang bakar.
- b. Sebagai pembuang panas dari dinding silinder.
- c. Membersihkan oli dari dinding silinder.
- d. Mendukung kerja piston agar tidak ada kebocoran dari ruang bakar ke dalam mesin.
- e. Pengontrol lapisan minyak pelumas dari dinding silinder.

3. Pen piston

Pen piston berfungsi sebagai pengikat piston terhadap batang penggerak. Pen piston juga berfungsi sebagai pemindah tenaga piston ke batang penggerak agar gerak bolak-balik pada piston dapat diubah menjadi gerak berputar pada poros engkol.

4. Batang penggerak

Batang penggerak (*connecting rod*) berfungsi sebagai penghubung antara piston dengan poros engkol. Pada umumnya panjang batang penggerak kira-kira sebesar dua kali langkah gerak piston.

5. Poros engkol

Poros engkol berfungsi untuk mengubah gerak bolak-balik yang diterima dari piston menjadi gerak berputar. Pada poros engkol biasanya terdapat *counter weight*, yang berfungsi membalance gaya-gaya yang tidak seimbang dari komponen poros

engkol atau dari komponen mesin yang berputar pada poros engkol.

6. Roda penerus

Berputarnya poros engkol secara terus menerus adalah akibat dari adanya tenaga gerak (energi kinetik) yang disimpan pada roda penerus sebagai kelebihan pada saat langkah kerja. Pada mesin sepeda motor umumnya roda gila berfungsi juga sebagai rotor generator.

2.3.2. Komponen Tidak Bergerak (*statis*)

Komponen tidak bergerak adalah komponen mesin yang tidak bergerak ketika mesin hidup. Pengertian bergerak tidak sama dengan berpindah sehingga dapat dipisahkan komponen mana yang bergerak dan tidak bergerak.

Komponen tersebut antara lain blok silinder, kepala silinder dan bak engkol.

1. Blok silinder

Blok silinder bisa dikatakan bagian yang paling penting pada suatu mesin. Blok silinder tempat piston bergerak bolak-balik dan tempat beberapa komponen kelistrikan dipasangkan. Konstruksi blok silinder dipengaruhi oleh sistem pendinginannya, jumlah silinder serta sistem pemasukan bahan bakarnya. Sistem pendinginan sepeda motor biasanya berpendingin udara. Untuk menambah efektifitas pendinginan maka bagian luar blok silinder dibuat bersirip agar luas bidang permukaan pendinginan bertambah.

2. Kepala silinder

Bagian atas blok silinder adalah kepala silinder. Kepala silinder dibaut pada blok silinder. Konstruksi kepala silinder dipengaruhi oleh sistem pemasukan bahan bakar dan penggerak katupnya. Pada motor 4 langkah katup-katupnya dipasang pada kepala silinder sehingga kepala silindernya mempunyai lubang-lubang pemasukan bahan bakar dan pengeluaran gas buang. Kepala silinder juga sebagai tempat pemasangan busi. Busi itu dipasangkan dengan cara diulirkan dan elektroda busi menghadap ke ruang bakar.

3. Bak engkol

Bak engkol merupakan ruangan tempat berputarnya engkol. Bagian bawah bak engkol adalah ruang karter tempat minyak pelumas. Tutup karter merupakan belahan blok silinder yang dibaut pada sekeliling tepinya. Pemasangan belahan tersebut diberi *packing* diantara keduanya untuk mencegah kebocoran minyak pelumas.

2.4. Sistem Bahan Bakar

Sistem bahan bakar berfungsi untuk mengalirkan bahan bakar dari tangki ke ruang bakar. Sistem bahan bakar dibedakan menjadi dua proses pengaliran yaitu pengaliran bahan bakar dan pengaliran gas.

2.4.1. Sistem Pengaliran Bahan Bakar

Sistem pengaliran bahan bakar bertugas mengalirkan bahan bakar dari tangki bensin sampai ke karburator. Komponen sistem pengaliran bahan bakar yang utama adalah:

1. Tangki bahan bakar

Tangki bensin merupakan tempat penampungan bensin. Pada sepeda motor tangki bensin selalu ditempatkan lebih tinggi dari pada karburator, karena pada sepeda motor tidak terdapat pompa bensin. Agar aliran bensin lancar tangki tersebut harus diberi ventilasi udara dan pada tangki bensin idealnya harus ada kran yang berguna untuk membuka dan menutup aliran bahan bakar.

2. Selang bahan bakar

Selang bensin harus bersifat fleksibel yang biasanya terbuat dari karet, hal itu berguna untuk mencegah kemacetan aliran bensin karena puntiran atau terjepit. Pada bagian tengah selang bensin terdapat saringan yang berguna untuk mengantisipasi masuknya kotoran yang terdapat dalam bensin ke karburator.

3. Karburator

Secara umum karburator mempunyai fungsi sebagai berikut:

- a. Untuk mengatur campuran perbandingan antara bahan bakar dengan udara pada berbagai beban dan tingkat putaran mesin.
- b. Memasukan campuran bahan bakar dan udara kedalam silinder secara merata dalam bentuk kabut.

2.4.2. Sistem Pemasukan Bahan Bakar

Sistem pemasukan bahan bakar atau aliran gas masuk terjadi pada saat telah terjadi campuran antara bahan bakar dan udara.

1. Saringan udara

Pada sepeda motor konstruksi saringan udara pada umumnya dari busa dan dipasang diujung saluran udara. Fungsi saringan udara adalah untuk membersihkan udara dari kotoran berupa debu atau kotoran-kotoran lainnya. Kotoran yang masuk ke karburator akan mempercepat rusaknya mesin dan karburator itu sendiri.

2. Saluran pemasukan (*intake manifold*)

Saluran pemasukan menghubungkan karburator dengan ruang bakar silinder. Sambungan saluran udara dengan silinder dan dengan karburator harus rapat, kebocoran pada saluran pemasukan akan mempengaruhi terhadap campuran gas yang masuk kedalam silinder sehingga dapat mengakibatkan penurunan kinerja mesin.

3. Perbandingan campuran

Perbandingan jumlah udara dan bensin tersebut sangat menentukan kualitas campuran. Jika jumlah udara melebihi dari standar normal maka campuran dikatakan kurus atau miskin, sebaliknya jika jumlah udara melebihi standar normal dikatakan gemuk atau kaya. Untuk mendapatkan tenaga yang optimum serta mendapatkan pembakaran yang sempurna dibutuhkan perbandingan bahan bakar dengan udara secara teoritis adalah 1:15, yang artinya 15 bagian untuk udara dicampur dengan 1 bagian untuk bahan bakar didalam satuan berat. Perbandingan campuran tersebut dinamakan dengan *air fuel ratio theoritis*.

Menurut Boentarto, 1999; Perbandingan antara udara dan bensin dalam keadaan sebenarnya adalah sebagai berikut:

- Mesin dingin di start ; 2-3 : 1
- Mesin panas di start ; 7-8 : 1

- Putaran idel	; 8-10	: 1
- Putaran rendah	; 10-12	: 1
- Putaran menengah	; 15-17	: 1
- Putaran tinggi	; 12-13	: 1
- Bensin terbakar sempurna	; 15	: 1
- Pembakaran bensin minimum	; 16-17	: 1

2.4.3. Proses Pembakaran Motor Bensin

Proses pembakaran adalah persenyawaan kimia yang cepat dari unsur-unsur dalam bahan bakar dengan oksigen dari udara. Pada motor bensin dan juga pada motor gas, pembakaran yang merupakan proses terbakarnya persenyawaan antara unsur-unsur yang terdapat dalam bensin dengan oksigen dan berlangsung dengan perantara letusan bunga api listrik antara elektroda-elektroda busi.

Sebagaimana diketahui bahwa bensin mengandung unsur-unsur karbon dan hydrogen. Bila oksigen dan hidrokarbon ini tidak bercampur dengan baik, maka akan terjadi proses *cracking* dimana akan timbul asap. Pembakaran semacam ini disebut pembakaran tidak normal.

Ada dua kemungkinan yang dapat terjadi pada pembakaran motor bensin yaitu :

1. Pembakaran normal

Pembakaran normal dapat terjadi bila mana bahan bakar dapat terbakar seluruhnya pada saat dan keadaan yang dikehendaki. Mekanisme pembakaran normal dalam motor bensin dimulai pada saat terjadinya loncatan bunga api dari busi, yaitu pada saat beberapa derajat sebelum piston mencapai TMA (Titik mati atas). Kemudian api membakar gas bakar yang terdapat disekelilingnya hingga semua partikelnya terbakar habis. Didalam

pembakaran normal, pembagian nyala api terjadi merata diseluruh bagian dan semua gas bakar dalam silinder harus terbakar oleh api dari busi. Pembakaran menimbulkan energi panas, maka tekanan dan temperatur naik secara mendadak sehingga piston terdorong menuju TMB (Titik mati bawah).

2. Pembakaran tidak normal

Pembakaran tidak normal terjadi bila tidak semua campuran bensin dengan udara didalam ruang bakar terbakar oleh loncatan api dari busi. Ada beberapa fenomena yang terjadi pada pembakaran tidak normal, diantaranya :

a. Detonasi/*Knocking*

Seperti telah diterangkan diatas bahwa pada pembakaran normal api menyebar keseluruh bagian ruang bakar dengan kecepatan konstan dan busi sebagai pusat penyebarannya. Dalam hal ini gas yang belum terbakar terdesak oleh gas yang sudah terbakar, sehingga temperaturnya naik sampai hampir mendekati temperatur pembakaran. Apabila dalam keadaan ini gas-gas tersebut terbakar dengan sendirinya (*self combustion*) maka akan terjadi suara ketukan (*knocking noise*).

Detonasi yang berulang-ulang dalam waktu yang cukup lama dapat merusak bagian ruang bakar, terutama bagian tepi dari kepala silinder tempat detonasi terjadi. Detonasi juga mengakibatkan bagian ruang bakar sangat tinggi temperaturnya, sehingga dapat menyalakan campuran bahan bakar-udara sebelum waktunya. Hal ini dapat mengurangi daya dan efisiensi mesin, sedangkan tekanan maksimum gas akan bertambah tinggi (W. Arismunandar, 2002). Oleh karena itu, detonasi harus dicegah.

Berikut adalah beberapa cara untuk mencegah detonasi :

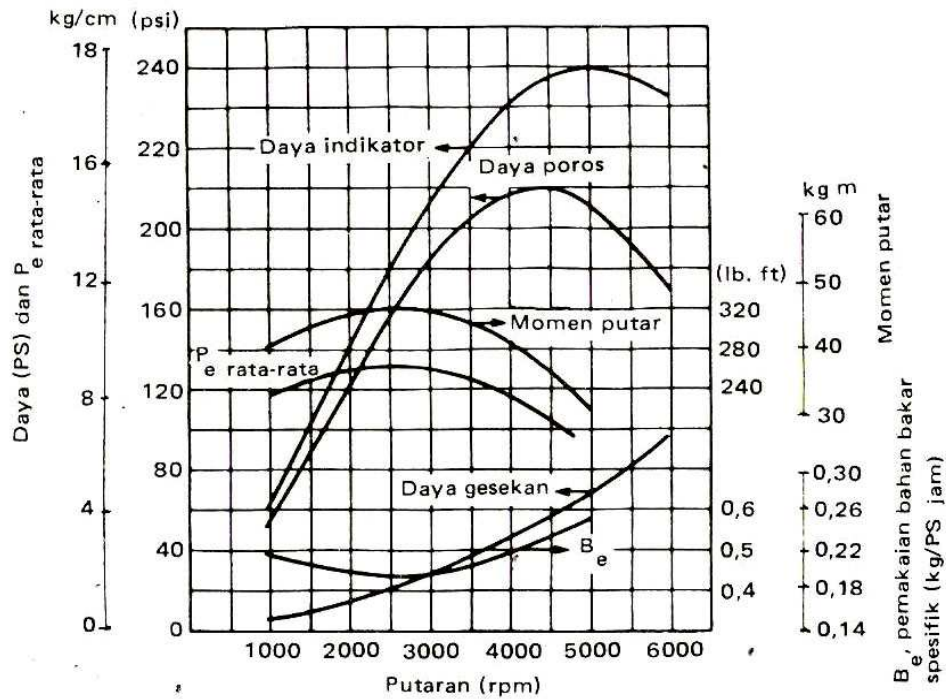
- Mengurangi tekanan dan temperatur bahan bakar yang masuk kedalam silinder.
- Mengurangi perbandingan kompresi.
- Memperlambat saat penyalaan.
- Mempergunakan bahan bakar dengan bilangan oktan yang lebih tinggi.

b. *Surface ignition*

Surface ignition adalah penyalaan campuran bahan bakar-udara dari bagian ruang bakar yang mempunyai temperatur sangat tinggi, misalnya pada busi ada kerak yang menempel. Hal tersebut dapat menyebabkan penyalaan sebelum waktunya (*pre-ignition*) ataupun penyalaan setelah pembakaran normal (*post-ignition*).

2.5. Unjuk Kerja Motor Bakar

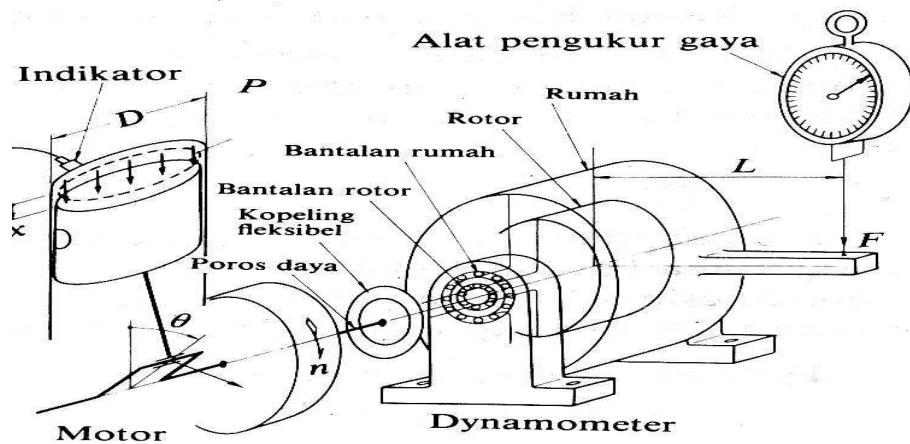
Ukuran besaran dari suatu motor meliputi torsi, daya, tekanan efektif rata-rata, dan konsumsi bahan bakar spesifik. Grafik dan rumus-rumus dari ukuran besaran motor bakar adalah sebagai berikut :



Gambar 2.4. Grafik hubungan torsi, daya, konsumsi bahan bakar spesifik terhadap putaran mesin
(Sumber : Wiranto Arismunandar, Motor Bakar Torak, 1988)

2.5.1. Torsi

Torsi adalah perkalian antara gaya dengan jarak. Selama proses usaha maka tekanan-tekanan yang terjadi di dalam silinder motor menimbulkan suatu gaya yang luar biasa kuatnya pada torak. Gaya tersebut dipindahkan kepada pena engkol melalui batang torak, dan mengakibatkan adanya momen putar atau torsi pada poros engkol. Untuk mengetahui besarnya torsi digunakan alat *dynamometer*.



Gambar 2.5 Test prestasi motor pembakaran

(Sumber : Nakoela Soenarta , Motor Serba Guna , 1995)

Gambar 2.4 Menunjukkan peralatan yang dipergunakan untuk mengukur nilai yang berhubungan dengan keluaran motor pembakaran. Suatu *dynamometer* mengukur hasil motor pembakaran yang seimbang dengan hambatan atau beban pada kecepatan putaran konstan. Biasanya motor pembakaran ini dihubungkan dengan *dynamometer* dengan maksud mendapatkan keluaran dari motor pembakaran dengan cara menghubungkan poros motor pembakaran dengan poros *dynamometer* dengan menggunakan kopeling elastik.

Dengan demikian besarnya torsi tersebut adalah:

$$T = F \cdot l = m \cdot g \cdot l$$

dimana :

T = torsi (N.m)

m = massa yang diukur pada *dynamometer* (kg)

g = percepatan gravitasi (m/s^2)

l = panjang tuas pada *dynamometer* (m)

2.5.2. Daya Poros

Daya mesin adalah besarnya kerja mesin selama waktu tertentu. Pada motor bakar daya yang berguna adalah daya poros, dikarenakan poros tersebut menggerakkan beban. Daya poros dibangkitkan oleh daya indikator, yang merupakan daya gas pembakaran yang menggerakkan torak selanjutnya menggerakkan semua mekanisme, sebagian daya indikator dibutuhkan untuk mengatasi gesekan mekanik, seperti pada torak dan dinding silinder dan gesekan antara poros dan bantalan. Prestasi motor bakar pertama-tama tergantung dari daya yang dapat ditimbulkannya. Gambar 2.3 memperlihatkan semakin tinggi frekuensi putar motor makin tinggi daya yang diberikan hal ini disebabkan oleh semakin besarnya frekuensi semakin banyak langkah kerja yang dialami pada waktu yang sama.

Dengan demikian besar daya poros itu adalah :

$$P = \frac{2\pi \cdot (n_1 \cdot T_2)}{60000} \text{ (kW)}$$

Dimana :

P = daya (kW)

T₂ = torsi terukur (Nm)

n₁ = putaran mesin (Rpm)

Beberapa cara untuk memperbaiki daya adalah : (Bpm. Arends, 1980)

- a. Memperbaiki pengisian silinder.
- b. Mempertinggi perbandingan pemampatan.
- c. Pengubahan layanan katup dan waktu (timing).
- d. Mengoptimalkan bagian-bagian yang bergerak.

2.5.3. Konsumsi Bahan Bakar Spesifik (SFC)

Konsumsi bahan bakar spesifik merupakan salah satu parameter prestasi yang penting di dalam suatu motor bakar. Parameter ini biasa dipakai sebagai ukuran ekonomi pemakaian bahan bakar yang terpakai per jam untuk setiap daya kuda yang dihasilkan.

Sebelum menghitung konsumsi bahan bakar spesifik, maka harus menghitung konsumsi bahan bakar terlebih dahulu.

$$m_f = \frac{b}{t} \cdot \frac{3600}{1000} \cdot \rho_{bb} \text{ (kg/jam)}$$

Dengan :

$$\begin{aligned} m_f &= \text{konsumsi bahan bakar (kg/jam)} \\ b &= \text{volume buret yang dipakai dalam pengujian} \\ &\quad \text{(cc).} \\ t &= \text{waktu diperlukan untuk pengosongan buret} \\ &\quad \text{dalam detik (s)} \\ \rho_{bb} &= \text{massa jenis bahan bakar (kg/l)} \end{aligned}$$

maka :

$$\text{SFC} = \frac{m_f}{P} \text{ (kg/kWh)}$$

Dengan :

$$\begin{aligned} \text{SFC} &= \text{konsumsi bahan bakar spesifik (kg/kWh)} \\ m_f &= \text{konsumsi bahan bakar (kg/jam)} \\ P &= \text{daya (kW)} \end{aligned}$$